



CRC 1701

PORT-
HAMILTONIAN
SYSTEMS

K W B

EFFORT + FLOW

MATHEMATIK UND KUNST IM AUSTAUSCH

RAUMPLAN FÜR JUNGE MENSCHEN

EFFORT+FLOW

KUNST UND MATHEMATIK IM AUSTAUSCH

Die Ausstellung effort + flow dreht sich um Bewegung, Kraft und Verbindung. Sie zeigt, wie Dinge sich in Bewegung setzen, miteinander wirken und sich verändern. Dabei geht es um Energie: wo sie entsteht, wie sie weitergegeben wird und was sie in einem System bewirkt.

Die Ausstellung entstand in Zusammenarbeit mit Forschenden der Bergischen Universität Wuppertal, die Port-Hamiltonische Systeme untersuchen. Mit diesen mathematischen Modellen lässt sich beschreiben, wie Energie durch Systeme fließt, weitergegeben wird und Dinge miteinander verbindet, zum Beispiel in Stromkreisen oder Maschinen.

Die Mathematik dient hier aber nicht als Vorlage, die von der Kunst einfach abgebildet werden, denn Kunst erklärt nicht gerne die Welt, sie stellt lieber Fragen. Wie nehmen wir Bewegung wahr? Wo wird Energie übertragen? Und was passiert an den Stellen, an denen Systeme aufeinandertreffen? Kunst und Mathematik beeinflussen sich dabei gegenseitig.

Zwei Begriffe stehen im Mittelpunkt: Flow, das ist die Bewegung oder der Fluss, und Effort, das ist die Kraft oder Spannung, die diese Bewegung auslöst. Erst zusammen entsteht Energie und damit Veränderung.

Gezeigt werden Installationen, Objekte, Videos und Experimente, die diese Ideen nicht erklären, sondern erlebbar machen.

DRAUSSEN VOR DER KUNSTHALLE



Martin Pfeifle – wo verlässt die Energie das System?

Wenn du vor der Kunsthalle Barmen stehst, fallen dir die großen Säulen am Eingang auf. Martin Pfeifle hat diese Säulen in riesige Lampen verwandelt. Sie leuchten wie Straßenlaternen und machen den Ort heller, wärmer und einladender.

Das Gebäude wirkt dadurch wie ein Treffpunkt.

In der Mathematik erforschen Wissenschaftler*innen sogenannte Port-Hamiltonsche Systeme. Dabei geht es darum zu verstehen, wie Energie weitergegeben wird: zum Beispiel der Strom auf dem Weg von einer Steckdose zu einer Lampe. Das ist dann ein kleines Port Hamiltonisches System. Für die meisten Menschen ist hier die Energie interessant, die das System verlässt: das Licht auf den Säulen, auf unseren Schultern und von dem wir uns vorstellen können, dass es uns ein bisschen wärmt.

Theo Jansen baut Maschinen, die laufen können

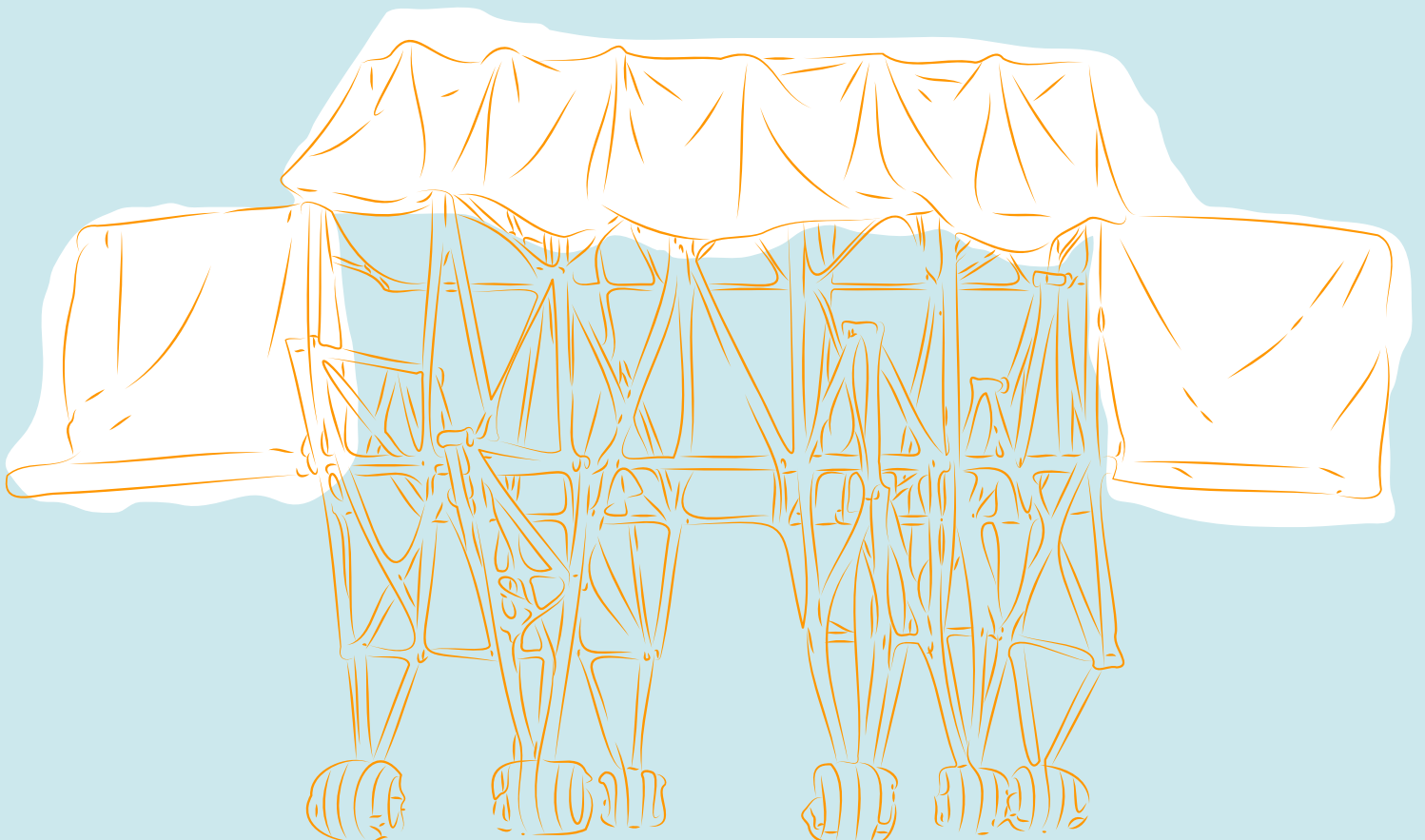
Theo Jansen baut große Figuren, die er „Strandbeests“ nennt, das ist das niederländische Wort für „Strandtiere“. Sie bestehen aus Rohren, Seilen und Stoff und sehen wirklich aus wie große lebendige Wesen, wenn der Wind sie bewegt und sie anfangen zu laufen. Das kannst du auf dem Video sehen.

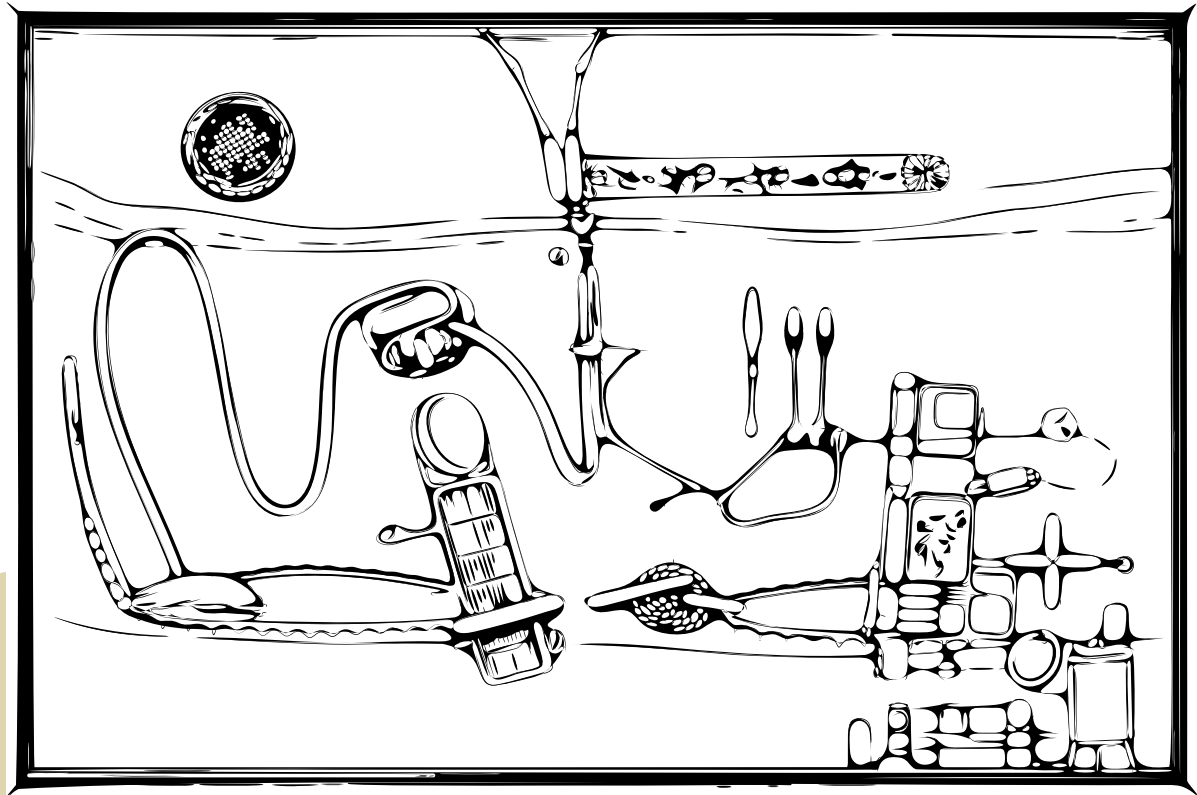
Das Strandtier in dieser Ausstellung heißt Ordis. Ordis hat Segel, die den Wind einfangen, dadurch beginnt das Wesen dann zu gehen. Ohne Motor, ohne Batterie, ohne Benzin und ohne Frühstück.

Seine Beine sind so gebaut, dass sie wie echte Beine vorwärts laufen: Schritt für Schritt, Gelenk um Gelenk. Der Künstler hat viele Jahre gebraucht, um herauszufinden, wie man die Rohre so verbindet, dass sie sich mit so einer Leichtigkeit bewegen.

In unserer Ausstellung kannst du Ordis zwar nicht am Strand in Aktion sehen, aber man kann den Apparat ganz gut untersuchen und versteht das ganze System: Die Energie, in diesem Fall der Wind, wird von der Natur spendiert, dann beginnen die vielen Teile zusammen zu arbeiten und die Energie Stück für Stück, Rohr für Rohr weiterzugeben: eine Bewegung entsteht.

Kennst du andere Beispiele, bei denen die Energie der Natur eingefangen und in etwas anderes übertragen wird?





Thomas Rentmeister erfindet Systeme

Thomas Rentmeister macht Kunst aus Dingen mit ähnlichen Farben, die wir aus dem Alltag kennen: Zuckerwürfel, Holz, Wattestäbchen, Tampons, Tic Tacs oder Zigarettenfilter.

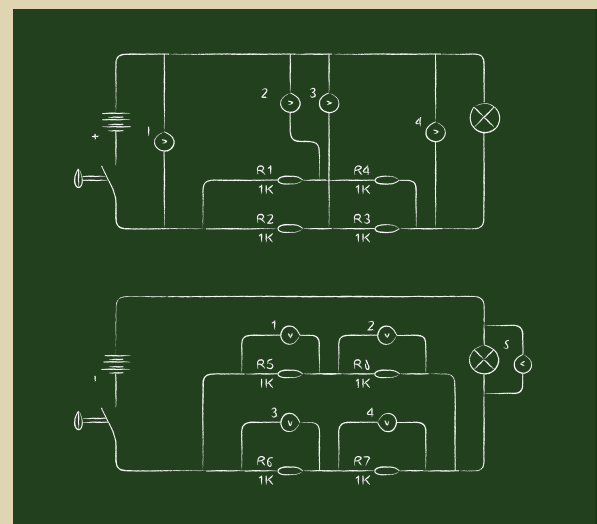
In seinen Bildern bringt er diese Dinge so zueinander, dass sie gemeinsam so etwas wie ein System ergeben. Durch die Anordnung erkennen wir scheinbar Zusammenhänge und Verbindungen.

Wie in einem Schaltkreis. Vielleicht kennst du Schaltkreise aus der Schule. Sie sind ein Schema, an dem man zeigt, wie ein Stromkreislauf aufgebaut ist und in dem unterschiedliche Geräte miteinander verbunden werden. Zum Beispiel eine Solaranlage, die Sonnenenergie in Strom umwandelt, der dann aus einer Steckdose kommt, mit der wir den Akku eines Handys aufladen.

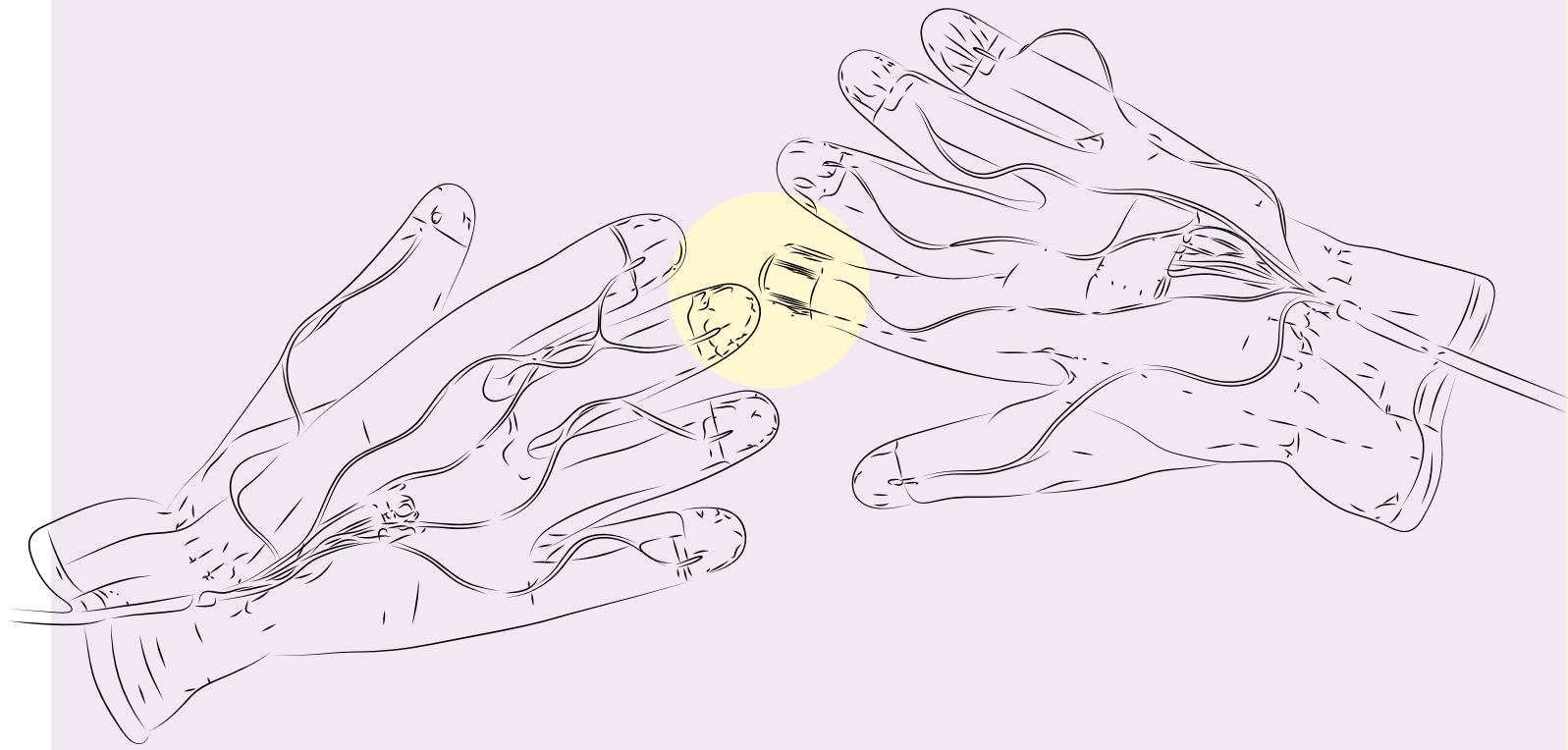
Nur fließt bei den Bildern von Thomas Rentmeister natürlich kein Strom von hier nach da. Das System tut nur so als ob.

Ziemlich spielerisch, oder?

Funktioniert aber: Wir Menschen lieben es, Systeme und Verbindungen zu erkennen und nicht nur Einzelteile zu betrachten.



der zweite Raum oben (rechts)



Maximilian Petzold und Juliane Ahn haben hörbare Handschuhe gebaut

„Zusammenspiel“ heißt dieses Kunstwerk. Den Namen hat es, da diese Handschuhe gemeinsam ein Musikinstrument ergeben, das man nur zu zweit spielen kann.

Such dir eine Person und probiere es aus!

Jede Person zieht einen Handschuh an. Dann berührt eure Hände gegenseitig, vielleicht Zeigefinger an Zeigefinger. Ihr hört nun einen Ton. Versucht mal andere Finger... es ergeben sich jeweils andere Töne. Es gibt 25 verschiedene Kombinationen, an denen sich Finger treffen können und jede klingt anders. Wenn mehrere Finger gleichzeitig verbunden sind, entstehen mehrere Töne auf einmal.

Probiert euch musikalisch aus!

Ändert sich eigentlich auch etwas, wenn ihr die Hände etwas dreht und wendet?

Untersucht das mal, vielleicht könnt ihr ein System erkennen, das sich dynamisch an die gemeinsamen Bewegungsmuster anpasst.

Aaron Göke erfindet Reaktionsketten – oder nicht?

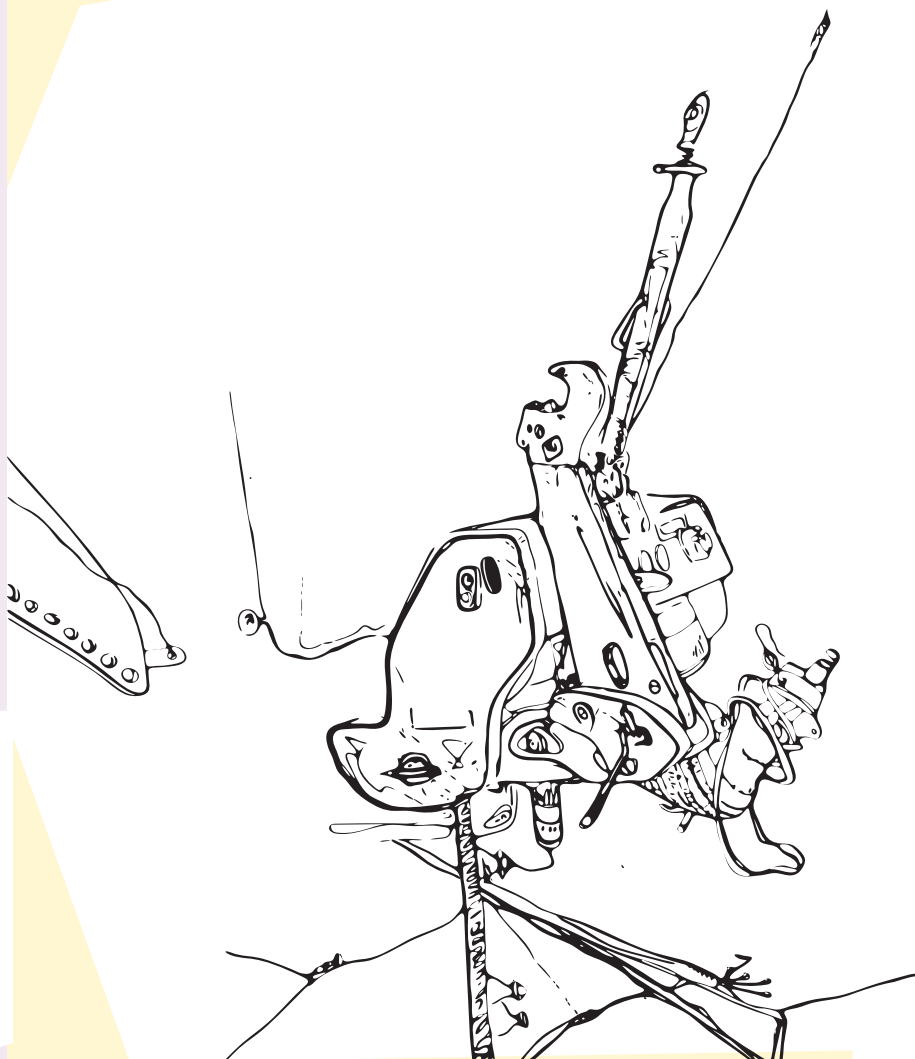
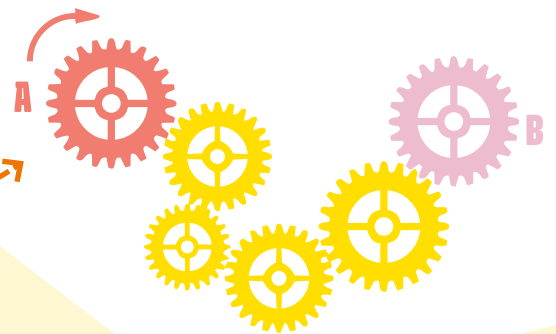
Kennst du Bilder, die zeigen sollen, wie Maschinen funktionieren? Manchmal versteht man sie ganz gut, manchmal versteht man sie nicht so gut. Hier ist ein Beispiel, wie solche Bilder aussehen.

Die Zeichnungen hier erinnern an diese technischen Zeichnungen. Man kann sich überlegen, ob man wohl eine Kettenreaktion auslösen würde, wenn man an einem kleinen Band zieht oder einen kleinen Hebel auslöst. Denn die einzelnen Teile auf den Bildern sind miteinander verbunden. Es besteht im wahrsten Sinne des Wortes ein Zusammenhang zwischen ihnen. Wir können uns also überlegen, wie hier Energie von einer gezeichneten Linie auf ein anderes gezeichnetes Objekt übertragen wird.

Aber ob dabei am Ende etwas herauskommt, können wir gar nicht wissen, denn wir sehen auf den Zeichnungen nur Ausschnitte.

Vielleicht möchtest du ja diese Zeichnung ergänzen, damit die Energie irgendwo hinfließen kann?

In welche Richtung dreht sich Zahnrad B?



der dritte Raum (links vom ersten Raum)

Sabrina Fritsch - Ein Farbraum?

Die Wände in diesem Raum sind in bunte Rechtecke (in Wirklichkeit Quadrate, nur eben manchmal mehrere direkt übereinander, sodass sie wie Rechtecke erscheinen) eingeteilt. Alle bestehen aus den Farben Rot, Grün und Blau. RGB ist die Abkürzung für einen sogenannten „Farbraum“, es ist der Farbraum, in dem all unsere Monitore funktionieren.

Verrückt, oder? Alle Farben, die du auf dem Handy sehen kannst, bestehen nur aus diesen drei digitalen Grundfarben.

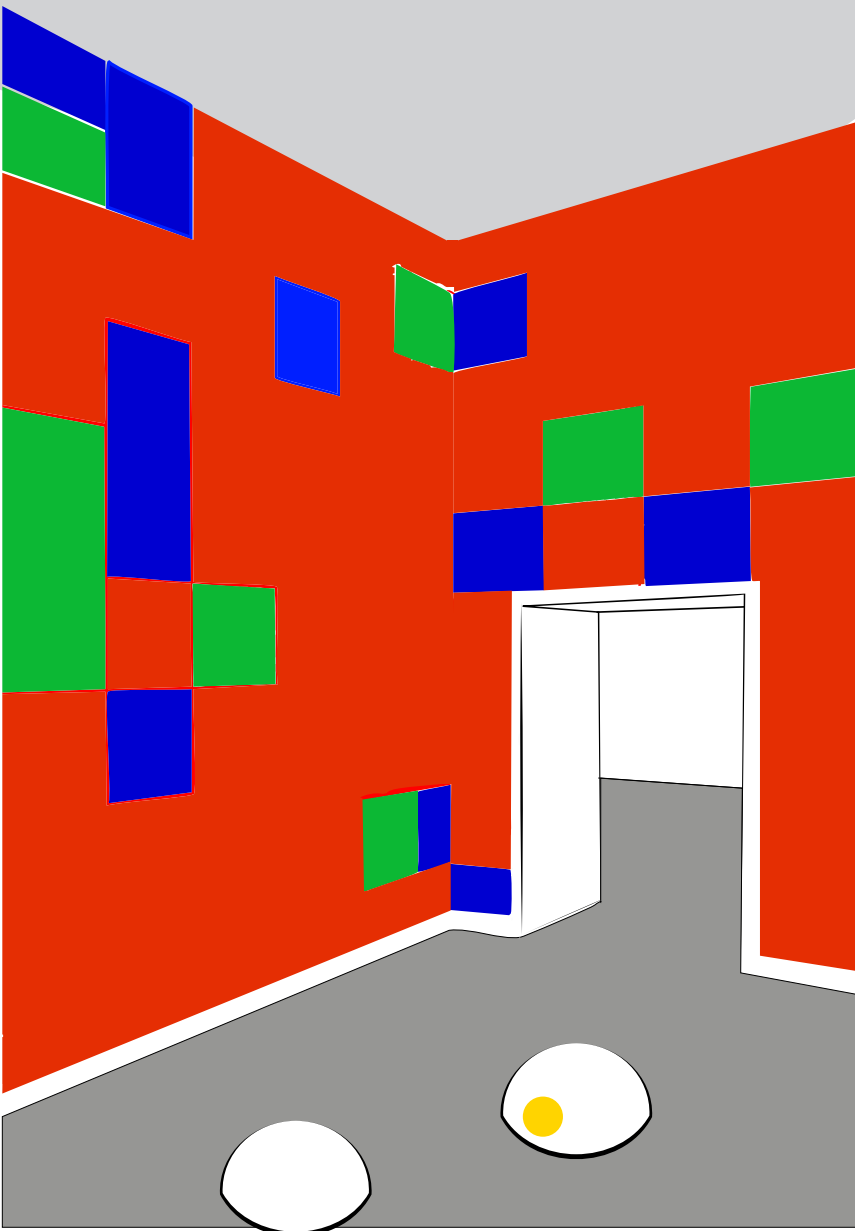
Wahrscheinlich glaubst du das nicht, weil du gelernt hast: Blau + Gelb = Grün. Im RGB-Farbraum ist das aber anders. Jeder kleine Pixel (Bildpunkt) auf einem Monitor kann nur diese drei Farben darstellen. Ein Pixel kann also ganz rot, ganz blau oder ganz grün sein. Oder alles gleichzeitig, dann sehen wir ihn weiß. Oder Rot, Grün und Blau sind ganze „aus“, dann sehen wir an der Stelle Schwarz. Jeder Pixel kann aber auch nur ein bisschen von allem mischen, dann sind fast alle Farben darstellbar. Das heißt: Jeder Pixel kann einen Zustand einnehmen. In einem Systems aus vielen „Zuständen“ können dann Bilder entstehen. Hier ist das Bild aber so groß, gedanklich viel größer als dieser Raum, dass wir nur die einzelnen Pixel studieren können.

...und Roboter leben hier auch.

In diesem Raum bewegen sich acht kleine Roboter. Sie sehen gleich aus und haben alle dieselben Regeln. Jeder Roboter sucht mit seinen Augen einen anderen und fährt ihm hinterher. So entstehen Reihen, Kreise oder Schlangen. Wenn der erste den letzten findet, schließt sich die Form und die Bewegung hört nicht mehr auf.

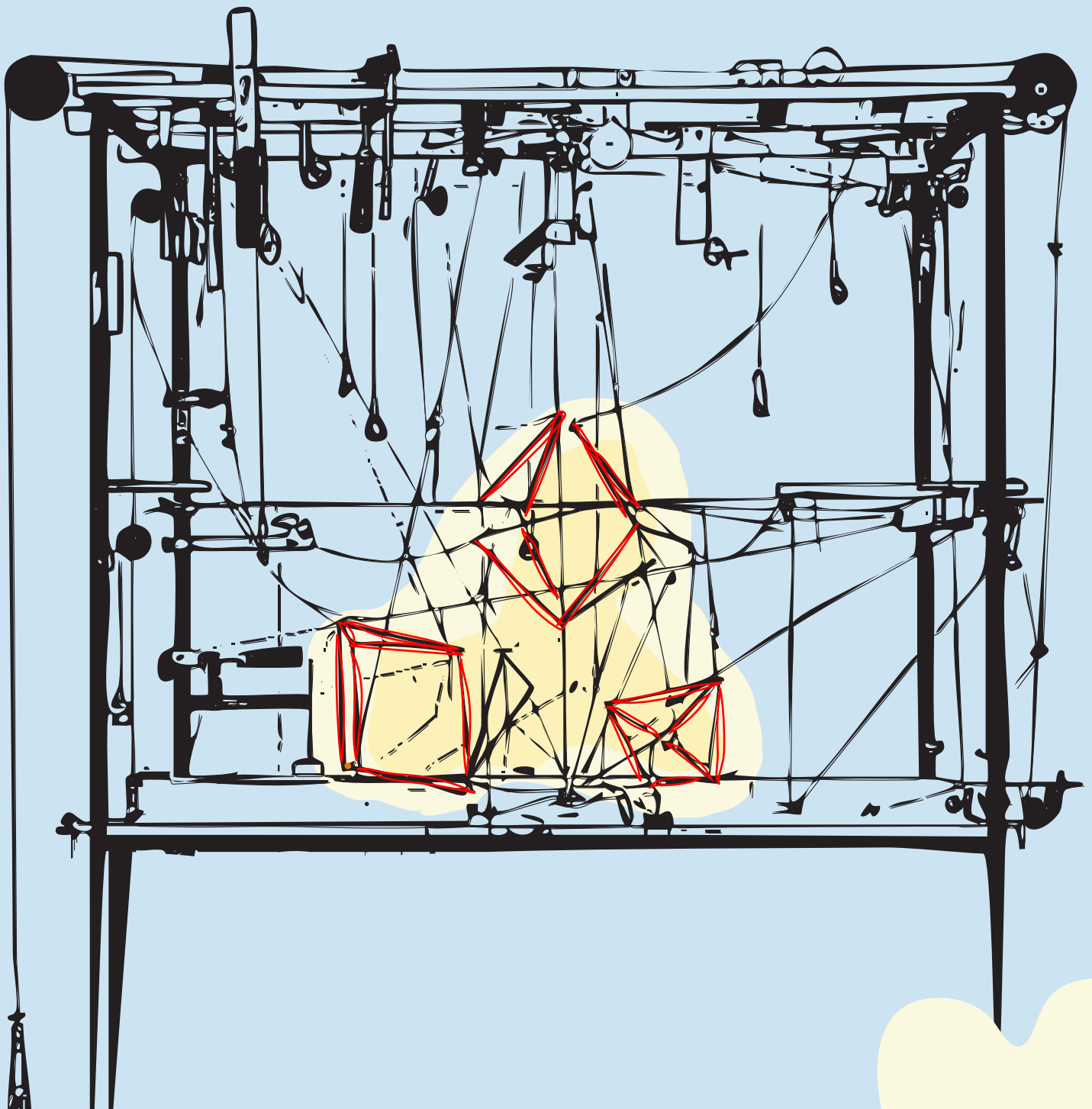
Jeder Roboter macht einen Ton. Wenn die Roboter noch suchen, klingt es unruhig und stotternd. Wenn sie eine gute Form gefunden haben, wird der Klang ruhig und harmonisch. Das haben diese Roboter mit Menschen und mit Mathematik gemeinsam: viele kleine einzelne Systeme reagieren aufeinander und werden dadurch zu einem großen System. Wenn wir das „große“ Robotersystem von oben betrachten, sehen wir eher das Ganze. Wie bei einer Choreographie. Wenn wir aber in den ersten Raum zurück gehen, können wir die Welt aus den Augen der einzelnen Roboter sehen und erkennen dann aus ihrer Perspektive, wie sie ihren Platz im gesamten System suchen. Ganz schön menschlich.

Die Roboter wurden gebaut von Studierenden des Studiengangs Design Interaktiver Medien: Tuyen Hollaender, Fjolla Sadrija, Luca Pätzold, David Neugebauer, Karla-Lena Krämer, Jana-Marie Becker, Merlin Muth und Sandra Zdunek. Das Projekt wurde betreut von Kristian Wolf



Attila Csörgő und die komplizierten Verbindungen

In dieser Maschine von Attila Csörgő kannst du sehen, wie sich Formen verändern. Ein Motor zieht an vielen kleinen Seilen, und dadurch bewegen sich Holzstücke und Stäbe so, dass aus ihnen einfache Formen wie Würfel oder Pyramiden entstehen, die sich dann neu formieren, sodass aus ihnen ein gemeinsamer, großer Körper entsteht. So erkennen wir: Wenn man Teile miteinander verbindet, entsteht etwas Neues. Aus einzelnen Holzstäbchen wird ein kleines System, zum Beispiel ein Würfel. Aus diesen kleinen Systemen entsteht dann ein gemeinsames größeres System. Trotzdem bleiben die Holzstäbchen immer die gleichen Holzstäbchen: gleich lang, gleich dick. Sie ändern nur ihre Position im Raum. Oder technisch ausgedrückt: sie ändern nur ihren Zustand.



Katja Davar und die Schwarmintelligenz

Von Katja Davar sind die großen Bilder mit den Vögeln und Mustern.

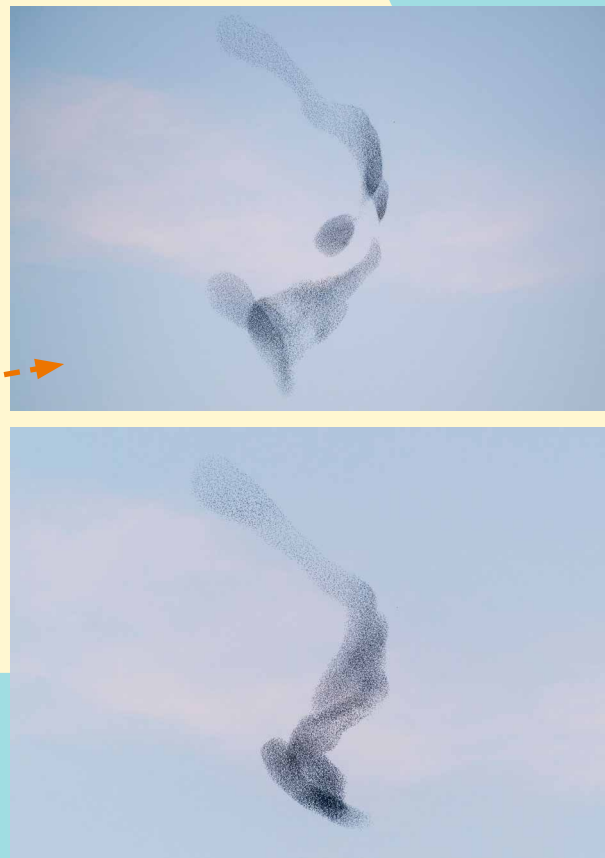
Was haben Vögel mit Mustern zu tun?

Vögel schließen sich oft in großen Gruppen zusammen. Sie werden dann ein Vogelschwarm.

In der Stadt kann man das oft gut bei Tauben beobachten. Besonders bekannt dafür, riesige Schwärme zu bilden, sind allerdings Stare. Sie bewegen sich dabei nicht wie viele Einzeltiere, sondern wie ein großes Wesen, wie du auf den Fotos da erkennen kannst.

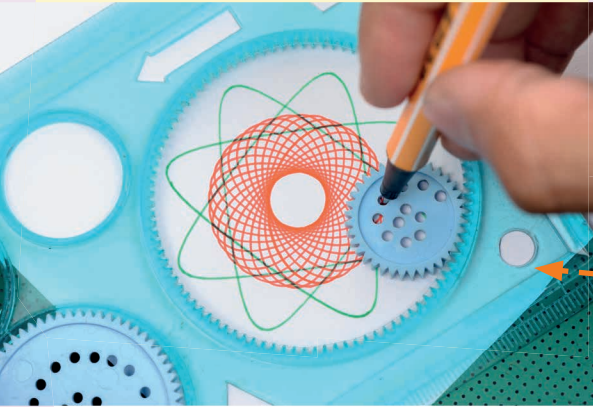
In den Bildern von Katja Davar machen die Muster das Gleiche wie die Vögel eines Schwarms. Viele sehr ähnliche Einzelteile verbinden sich zu einem großen System. Das System entsteht durch die Abstände, die die einzelnen Elemente zu einander einnehmen.

Bei Vogelschwärmen sind die Abstände, die die einzelnen Vögel einhalten davon abhängig, wie der Wind und die Lufttemperatur sich verhalten und dadurch einzelne Vögel in ihrem Flug beeinflussen. Gleichzeitig versuchen alle, den immer gleichen Abstand zu den anderen Vögeln einzuhalten. Dadurch verdichtet sich der Schwarm an einigen Stellen stärker, als an anderen Stellen. Trotzdem bleibt die Bewegung des gesamten Schwarmsystems flüssig. Erkennst du die Zusammenhänge zu den Robotern aus dem Raum, in dem du zuletzt warst?



Fotografien: PPJ – stock.adobe.com





Fotografie: NorGal – stock.adobe.com

Drawbots - die zeichnenden Maschinen

Die drawbots sind Zeichenmaschinen, die selbstständig Bilder zeichnen können. Sie wurden von Studierenden gebaut, die Architektur studieren. Als Idee diente ein Spielzeug namens Spirograph, mit dem man mühelos perfekte Muster zeichnen kann. Du kannst das Spielzeug auf dem Foto sehen.

Die Studierenden haben diese Idee weiterentwickelt.

Die Maschinen bestehen aus Motoren, Zahnrädern und einem Stift. Wenn sie sich bewegen, zeichnen sie Kreise, Schleifen und komplizierte Linien. Jede Bewegung folgt einer Regel, aber kleine Änderungen machen jede Zeichnung ein bisschen anders.

Physikalisch könnte man sagen:

„Die Drawbots bekommen Energie vom Antrieb, hier ist das der Motor. Diese Energie bewegt Massen, die Massen sind hier z.B. die Räder, die Arme der Maschinen und die Stifte.

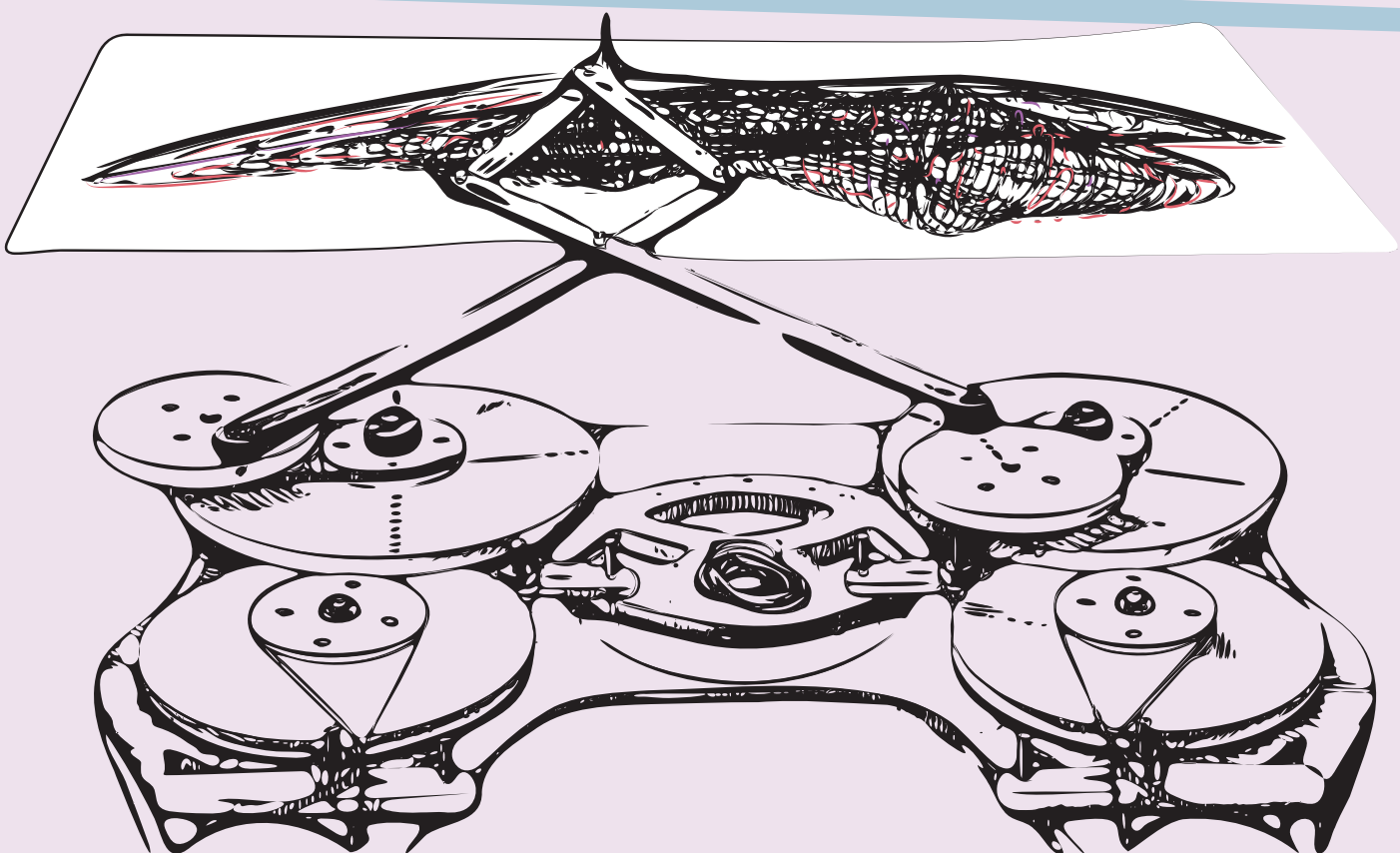
Die Bewegung wird durch Reibung gebremst und über den Stift verlässt Energie die Maschine und wird zur Zeichnung.“

Die Malmaschinen wurden entwickelt und gebaut von: Zana Bamarni, AbdAlhaseeb Haj Zajn, Eva Kotsia, Ronja Engelbrecht, Katja Hewing, Alice Mosalova

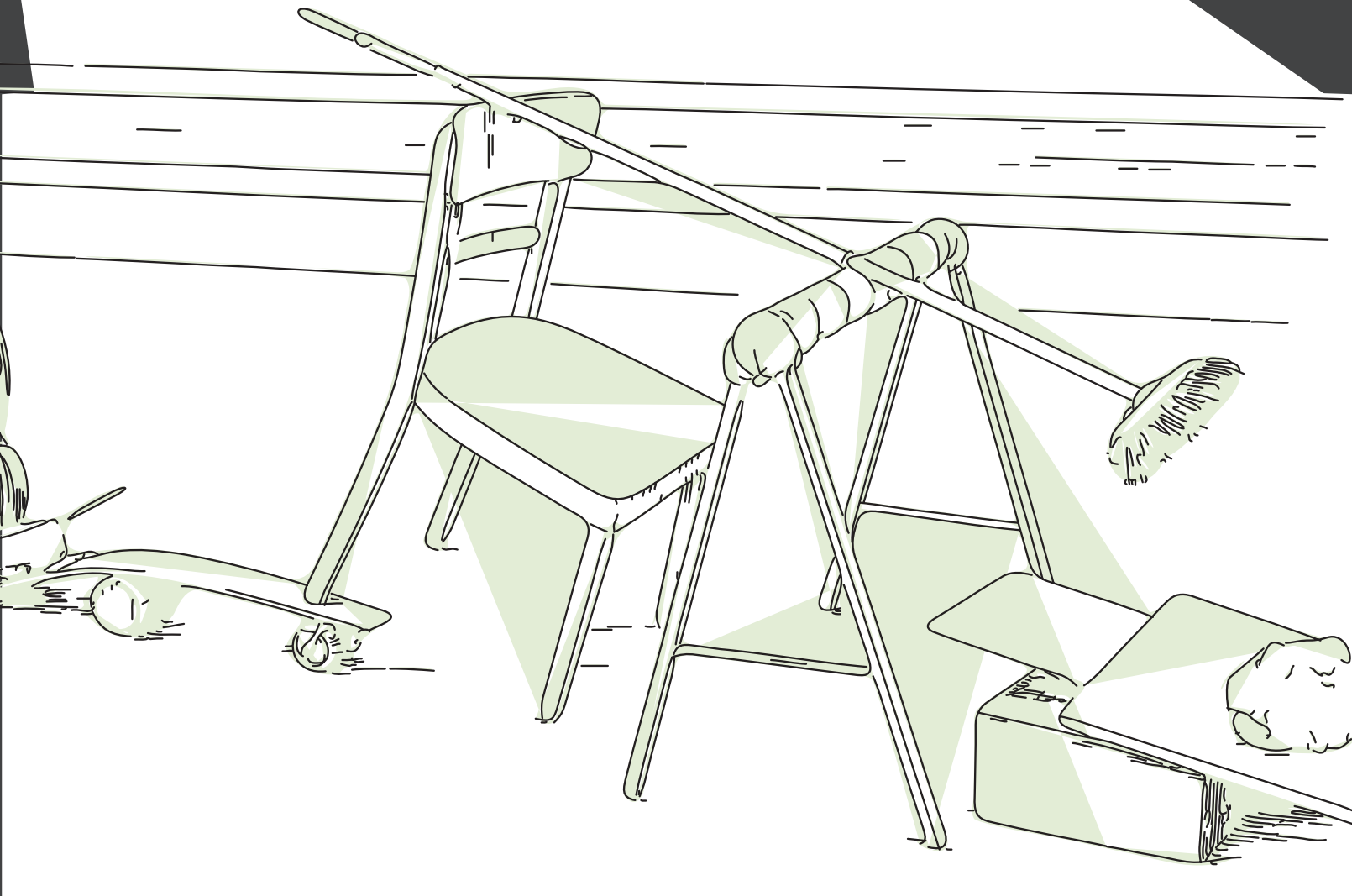
Das Projekt wurde betreut durch: Prof. Holger Hoffmann und M.Sc. Heiner Verhaeg

Und diese Zeichnungen hier sind nicht nur Gekritzeln, sondern sehr systematisch. Sie wiederholen ähnliche Formen leicht versetzt. So wird wiederum in der Zeichnung sichtbar, was wir bereits bei den Vogelschwärmen und den Robotern gesehen haben: ein System, das sich aus vielen ähnlichen Einzelteilen zusammensetzt, die auf bestimmte Regeln oder Einflüsse reagieren.

(Und das ist dann vielleicht schon wieder fast philosophisch! 🤖)



der fünfte Raum (mit den dunklen Wänden)



Kettenreaktionen für Fortgeschrittene von Fischli/Weiss

In „Der Lauf der Dinge“ haben die Künstler Peter Fischli und David Weiss eine riesige Kettenreaktion gebaut. Ein Reifen rollt los, stößt etwas an, etwas fällt um, etwas brennt, etwas schwappt über...

Die Künstler benutzen das Rube-Goldberg-Prinzip: Eine einfache Sache wird absichtlich so umständlich wie möglich gelöst. Dabei kann man viel über Physik lernen: Woher kommt die Kraft? Warum kippt etwas um? Wieso stoppt die Bewegung nicht?

Du kannst im Film sehen, wie sich Energie von einem Ding zum nächsten überträgt. Jede Aktion hat eine Reaktion. Alles muss genau zusammenpassen, sonst bricht die Kette ab.

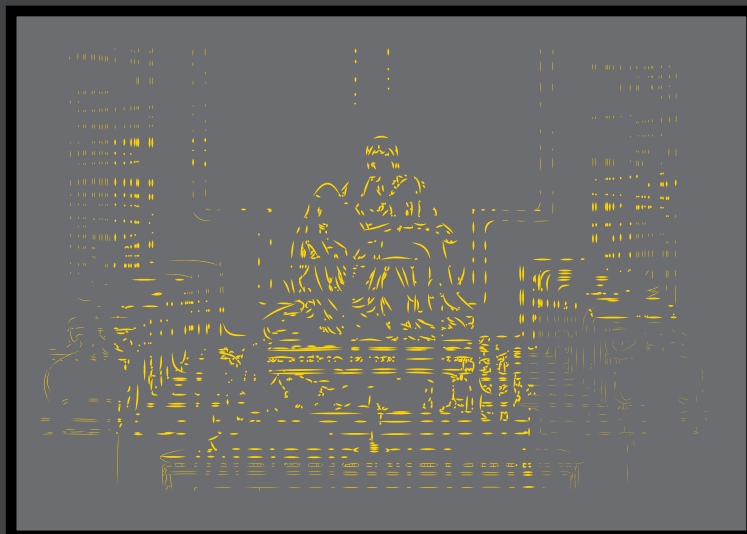
In dieser Kettenreaktion funktioniert jeder Schritt, weil Energie kontrolliert weitergegeben wird. Man kann den Ablauf als ein Netzwerk verstehen. Die überschüssige Kraft des Vorgängerelements treibt jeweils das nächste an. Jede einzelne Bewegung verändert das System, doch insgesamt bleibt der erste Impuls der Reaktionskette erhalten.

Das genau zu planen ist wahrscheinlich ziemlich schwierig, auf jeden Fall ist es komplizierter, als eine Reihe Dominosteine zum Umfallen zu bringen, die alle gleich groß und gleich geformt sind und das gleiche Gewicht haben.

Aber so ist ja auch das Leben: viel komplizierter, als eine Reihe Dominosteine, alles hängt irgendwie zusammen und beeinflusst sich gegenseitig und es ist schwierig vorherzusagen, was als nächstes passieren wird.

Philip Gröning - ein Bild aus extrem vielen Kameras

Philip Gröning machte diese Bilder ohne selbst eine Kamera zu benutzen. Trotzdem sind sie fotografisch, denn die KI sammelte extrem viele Fotos aus Social Media zu einem Suchbegriff – zum Beispiel von Menschen, die die Pietà (eine berühmte Darstellung von Jesus und Maria) fotografiert haben. Die KI suchte dann auf den Fotos nach Dingen, die in vielen Fotos auftauchen und auf den Fotos identisch aussehen. Stell dir einfach vor, du würdest tausende Fotos des gleichen Motivs übereinanderlegen und alles, was nicht identisch ist als „unwahrscheinlich“ löschen, aber alles was oft in gleicher Form wiederkommt als „sehr wahrscheinlich“ behalten. Menschen auf den einzelnen Fotos sind demzufolge „unwahrscheinlich“ weil sie unterschiedlich aussehen und unterschiedlich auf den einzelnen ursprünglichen Fotos positioniert sind. Sie werden also von der KI herausgerechnet. Übrig bleiben Punkte, die zeigen, wo besonders oft hingeschaut wurde, Punkte, die als „statistisch belastbar“ gelten. Für die KI bedeutet „existieren“ etwas anderes als für uns. Für uns ist etwas da oder nicht. Für die KI gibt es viele Abstufungen: etwas kann ein bisschen existieren oder sehr stark. Diese Bilder zeigen genau das. Sie sind wie Landkarten des Erinnerns: Sie zeigen, was viele Menschen identisch gesehen, fotografiert und damit erinnert haben. Nicht als Foto, sondern als Statistik von tausenden Fotos.





Theresa Weber speichert Erinnerungen

In den Bildern von Theresa Weber entdeckt man Formen, die an Planeten im dunklen Weltraum erinnern. Sie scheinen miteinander verbunden, wie ein kleines Planetensystem.

In jedem Planeten kann man etwas entdecken: Fotos, Perlen, Muster und Farben. Manche Motive in den Fotos wirken geheimnisvoll, als kämen sie aus einer anderen Zeit oder aus einer weit entfernten Welt. Alles liegt in Schichten übereinander, wie in einer Schatzkiste voller Erinnerungen. Die Bilder sind wie ein Speicher, in dem viele Spuren gesammelt sind.

Es fühlt sich an, als würde alles endlos weitergehen. Formen kommen wie gespeicherte Erinnerungen zurück, wiederholen und überlagern sich, manche verlieren sich, andere verbinden sich zu Mustern und Rhythmen.

Wenn du dir den Menschen als Speicher von Erinnerungen und Erfahrungen vorstellst, die sich miteinander vernetzen und denen wir subjektiv mehr oder weniger Bedeutung beimessen, erahnst du vielleicht, welchen Bezug diese künstlerische Arbeit zu den Port-Hamiltonischen Systemen hat: Auch dort spielen Speicher eine zentrale Rolle. Sie nehmen Energie auf, geben sie weiter und stehen miteinander in Beziehung. Nicht einzelne Elemente sind entscheidend, sondern das Zusammenspiel von Speichern, Übergängen und Verbindungen. Ähnlich entfalten sich in den Kunstwerken von Theresa Weber die Bedeutungen der Einzelteile aus ihren Verbindungen – sie entstehen, verändern sich und werden weitergetragen, ohne festgeschrieben zu sein.

K H B

Schön, dass du hier warst!

Wir hoffen, es hat dir gefallen und du hast ein paar neue Ideen entwickeln können.

Wir würden uns freuen, wenn du mal wieder kommst! Geöffnet haben wir donnerstags bis sonntags, immer von 14 Uhr bis 18 Uhr.

Auf Instagram erfährst du von unseren Sonderterminen wie Kreativstationen, Workshops und sonstigen Aktionen.

Für Gruppen (zum Beispiel Schulklassen) kann man bei uns auch andere Termine buchen. Dafür muss man eine Email an kontakt@kunsthallebarmen.de schicken. Diese Ausstellung ist besonders für Kurse und Klassen aus Mathematik, Physik und Kunst interessant. Sag deinen Lehrer*innen gerne Bescheid, dass wir uns freuen, wenn ihr uns besucht!

Sehr viele Leute haben uns geholfen, diese Ausstellung zu machen. Denen wollen wir **DANKE** sagen. Lange Liste, oder? Wir sind wirklich froh, so viel Unterstützung zu haben!

Juliane Ahn, Juuls Beutgen, Svenja Biedenbach, Naciye Bozkurt, Ruben Casatuto, Justin Dawa, Ariane Dehghan, Corinna Dönges, Rike Droesch, Bouchra Elghazi, Mehmet Erbay, Aylin Forneberg, Christian Forsen, Celina Froitzheim, Andreas Frommer, Leon Geisler, Hannes Gernandt, Aaron Göke, Daniel Happ, Pascal Heymoß, Achim Ilchmann, Birgit Jacob, Mariem Jakhouch, Zach Jansen, José Jiménez-Merchán, Ben Joy Muin, Josef Kirschner, Marc Kox, Thomas Kruse, Tim Kunz, Lina Landwehr, Sonja Lindhorst, Lara Löhken, Jan Lorenz, Jake Madel, Katharina Maderthaner, Felix Manns, Lea Meissner, Matthias Menge, Hilal Oezer, Sandra Pappas, Katja Pfeiffer, Anastasia Pusch, Timo Reis, Marylen Reschop, Franca Röschmann, Eva Rosen, Lasse Schimmel, Julia Schlagowski, Merlin Schmitz, Uwe Sommer, Sigurd Steinsprinz, Sarid Tanski, Claudia Totzeck, Frank Tränkner, Pierre Treffler, Momo Trommer, Lukas Ülger, Teresa Usai, Anja Vietinghoff-Neußer, Selina Warnecke, Chiara Weuste, Helena Wendt, Christoph Westermeier, Gunther Wölfiges, Roland Wüllner, Anja Vietinghoff-Neußer, dem gesamten Dezernat für Finanzen, Beschaffung, Forschung und Drittmittel der Bergischen Universität, GMP & Holdings, dem GMW, dem KMV, dem LVR, dem Rektorat der Bergischen Universität, der Stadtteilbibliothek im Haus der Jugend, der Stadtparkasse Wuppertal, der Universitätskommunikation der Uni Wuppertal, der unteren Denkmalbehörde der Stadt Wuppertal, dem von der Heydt Museum, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem gesamten Team von Haus der Jugend

Und DIR danken wir natürlich auch für deinen Besuch!

KUNSTHALLE BARMEN

Im Haus der Jugend Barmen

Geschwister-Scholl-Platz 4-6, 42269 Wuppertal <https://kunsthallebarmen.de> kontakt@kunsthallebarmen.de

EFFORT + FLOW

Öffnungszeiten:

Do - So: 14 - 18 Uhr

Führungen mit Workshops für Gruppen, Schulklassen usw. sind außerhalb der regulären Öffnungszeiten möglich!

Bitte nehmen Sie mit etwas Vorlaufzeit Kontakt mit uns auf: kontakt@kunsthallebarmen.de



Unser Programm ist komplett kostenfrei für Besucher*innen, wir freuen uns über eine Spende! Über diesen QR-Code ist das unkompliziert möglich.



Sparkasse
Wuppertal



STADT WUPPERTAL



WUPPERTAL  MARKETING

Gefördert durch

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft

B: *Bewegung für Barmen*
www.isgbarmen.de